



IMPLEMENTAÇÃO DE UM CONTROLADOR P E PID APLICADO A UM SEGUIDOR DE PAREDE POR MEIO DE UM ROBÔ MÓVEL, UTILIZANDO O SOFTWARE LABVIEW

Resumo: Na área de Engenharia Elétrica e Engenharia de Controle os controladores são amplamente utilizados nos processos de produção, entretanto, os cursos de engenharia não possuem equipamentos necessários para realização de atividades práticas. Neste trabalho se mostra a implementação de um seguidor de parede para um robô móvel usando os controladores proporcional e proporcional-integral-derivativo com o objetivo de estimular os alunos no estudo de controle e suas aplicações. Para a aplicação será utilizado um robô móvel construído a partir do kit educacional da Lego®, o Lego® Mindstorms® EV3, que é um robô comum de ser utilizado nas instituições de ensino de engenharia. O ambiente de programação usado foi o LabVIEW, ele possui uma linguagem de programação baseada em fluxo de dados, onde o fluxo dos dados determina a execução do algoritmo.

Palavras-chave: Robótica móvel, Lego® Mindstorms® EV3, Seguidor de parede, Controlador proporcional, Controlador proporcional integral derivativo.

1. INTRODUÇÃO

Estudos indicam que a robótica fornece uma fonte de energia que pode ser usada para motivar a aprendizagem dos estudantes. Pesquisas realizadas mostram um ganho de aprendizagem com o uso de robótica (OLIVER *et al.*, 2010).

A Robótica como disciplina técnica tem aparecido de forma muito frequente nos currículos escolares. Seus defensores afirmam que a utilização desta disciplina na escola desenvolve nos alunos habilidades e características eficientes para a solução de problemas em equipe e o interesse pela Ciência. Em nível de graduação, segundo (LESKA, 2004) há indícios de que a robótica tem sido uma ferramenta educacional eficiente para o ensino. A seguir apresentamos alguns trabalhos com aplicação de controladores na robótica móvel.

O controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID) é certamente o algoritmo mais tradicional e mais utilizado em malhas de controle de processos industriais. Um levantamento feito com mais de 11.000 controladores utilizados em refinarias,

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





indústrias químicas e indústrias de papel e celulose mostraram que 97% dos controladores regulatórios tinham a estrutura PID. (ÅSTRÖM & HÄGGLUND, 2004). Isto não se limita ao fato do mesmo apresentar uma estrutura simples e de fácil entendimento, mas também pelo fato de sua aplicabilidade geral à maioria dos sistemas de controle, pois o controle PID se torna mais adequado quando métodos de projetos analíticos não podem ser utilizados em plantas industriais. O PID se mostra o mais prático e eficiente dos controladores no que se refere aos problemas de controle industrial, neste presente trabalho foi utilizado o kit educacional da LEGO®, o LEGO® Mindstorms EV3, afim de unir a praticidade do controlador, com a didática educacional que possui o kit utilizado. Assim, os testes a serem realizados, são de inteira compreensão e aplicação pelos estudantes.

2. O LEGO MINDSTORMS EV3

O Grupo Lego é uma empresa dinamarquesa que existe desde 1949. Seu foco era o desenvolvimento de brinquedos de montar, até que em 1980 criou uma divisão educacional, a qual chamou de LEGO® Educational Division (LEGO, 2017). O conceito da LEGO® Educational Division é baseado na filosofia de que a criança pode construir seu próprio conhecimento utilizando-se de recursos tecnológicos e guiando-se pelo método do construcionismo, ou seja, o “aprender fazendo”.

Essa divisão tem a preocupação de tornar a tecnologia simples e significativa para seus usuários, preparando o aluno para que ele seja capaz de investigar, criar e solucionar problemas. Para isso, desenvolveu os chamados kits, voltados para o público escolar.

O LEGO® MINDSTORMS® EV3 é um conjunto de robótica, voltado para a educação, que permite ao usuário criar suas invenções usando as peças LEGO® que incluem os blocos de montar, engrenagens, motores, sensores, polias e o bloco programável, inteligente que serve como o coração e o cérebro dele.

Possui uma interface iluminada com um botão que muda de cor para indicar o estado ativo do robô, alto-falante embutido, porta USB, um leitor de cartão mini SD, quatro portas de entrada e quatro portas de saída. O EV3 também suporta USB, comunicação Bluetooth e Wi-Fi com um computador e tem uma interface de programação que permite a programação e registro de dados diretamente sobre ele. Ele é compatível com dispositivos móveis e é alimentado por pilhas ou por uma bateria recarregável (LEGO, 2017). As características do robô são:

- Processador ARM 9 com sistema operacional baseado em Linux;
- Quatro portas de entrada para a aquisição de até 1000 amostras por segundo;
- Quatro portas de saída para a execução de comandos;
- Armazenamento on-board, incluindo 16 MB de memória Flash e 64 MB de RAM;
- Leitor de cartão Mini SDHC de 32 GB de memória expandida;
- Iluminado, de três cores, interface de seis botões que indica estado ativo do robô;
- Display de resolução 178x128 pixels que permite a visualização detalhada do gráfico e sensor de observação de dados;

Organização



Promoção





- Alto-falante de alta qualidade;
- Programação e registro de dados que podem ser enviados para o software EV3
- Comunicação Computador-Robô através de USB, Wi-Fi ou Bluetooth;
- Host USB 2.0 permitindo os robôs a serem ligadas em uma cadeia, permite a comunicação Wi-Fi e conexão para cartões de memória USB;
- Alimentado por 6 pilhas AA ou uma bateria de 2050 mAh recarregável DC;

3. MONTAGEM DO ROBÔ

O kit da LEGO® MINDSTORMS® EV3 possui uma alta gama de peças, como pode ser visto na “Figura 1”, deste modo, com ele é possível facilmente fazer vários tipos de montagens para serem usadas como base para nosso robô.

Figura 1 – As peças do kit EV3.



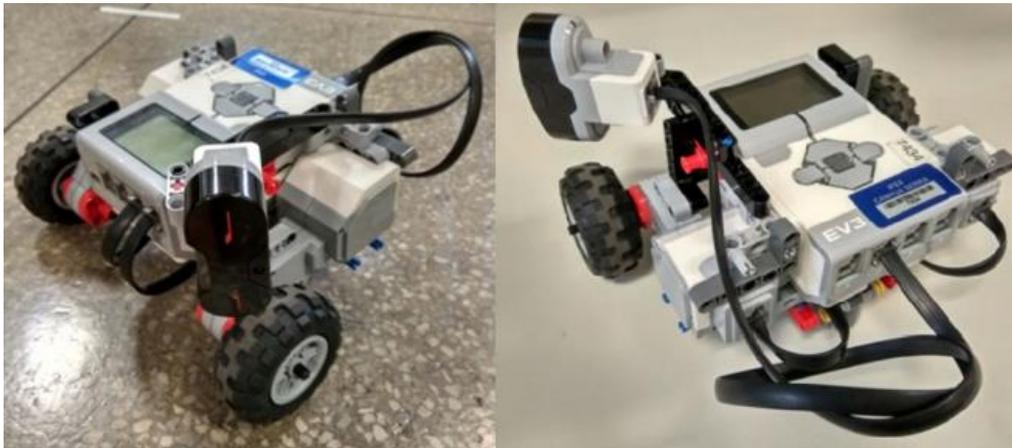
O modelo escolhido para esse presente trabalho pode ser visto abaixo na “Figura 2”. Ele possui 2 rodas motoras paralelas de tração independente, 1 roda livre (roda boba), 2 motores, 1 sensor ultrassônico, eixos para ajuste das rodas, engrenagens, polias, cabos de ligação e o bloco programável, que é a parte inteligente.

Organização

Promoção



Figura 2 – Montagem do EV3.



4. CONTROLADORES

Os controladores são equipamentos utilizados em processos industriais e têm a função de manter os processos em seus pontos operacionais mais eficientes e econômicos, ou seja, em seus valores ótimos, além de prevenir condições instáveis no processo que podem pôr em risco pessoas e/ou equipamentos.

O controle PID combina as vantagens do controlador tipo P, PI, PD. ação integral está diretamente ligada à precisão do sistema sendo responsável pelo erro é nulo em regime permanente. O efeito desestabilizador do controle PI é contrabalanceado pela ação derivativa que tende a aumentar a estabilidade relativa do sistema ao mesmo tempo em que torna a resposta do sistema mais rápida devido ao seu efeito antecipatório, de acordo com (MATAS, 2002).

Em outras palavras, o controlador PID calcula inicialmente o “erro” entre a variável manipulada (VP) e o seu valor desejado (“*setpoint*”), e em função deste “erro” o controlador gera um sinal de controle, de forma a eliminar este desvio (CAMPOS, 2006). O algoritmo PID usa o erro em três formas para produzir a sua saída ou variável manipulada: o termo Proporcional (P), o Integral (I) e o Derivativo (D).

Os principais controladores encontrados nas indústrias são os seguintes:

- Controlador Proporcional (P);
- Controlador Proporcional-Derivativo (PD);
- Controlador Proporcional-Integral (PI);
- Controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID);

4.1. Ação proporcional (P)

“O controlador proporcional (P) gera a sua saída proporcionalmente ao erro $e(t)$. O fator multiplicativo (K_P) é conhecido como ganho do controlador”, como exposto em (CAMPOS & TEIXEIRA, 2006).

$$u(t) = K_p \cdot e(t) \quad (1)$$

Organização

Promoção

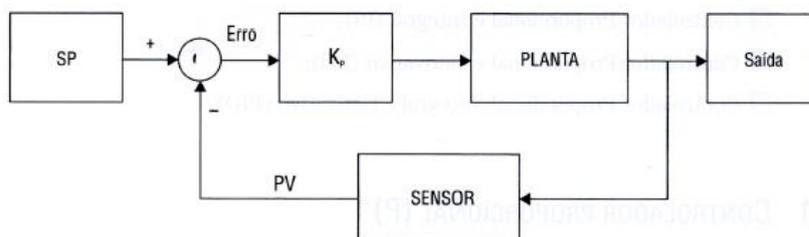


A ação proporcional de controle “Figura 3”, pode ser considerada uma evolução do modo de controle liga-desliga. Esse tipo de ação atua conforme o valor do erro. A palavra proporcional tem o mesmo significado que relação ou razão.

Na ação liga-desliga, quando a variável controlada se desvia do *setpoint*, o controle oscila com um sinal brusco de liga (on) para desliga (off). O controle proporcional, foi desenvolvido para evitar essa oscilação e para produzir uma ação corretiva proporcional ao valor do desvio.

Existe um sinal inicial do controlador mesmo com desvio zero cuja finalidade é a de manter a variável controlada no valor desejado (*setpoint*). Quando ocorre um desvio repentino no valor da variável controlada (sinal degrau) o sinal de controle varia proporcionalmente ao desvio, ou seja, de acordo com o ganho.

Figura 3 – Controlador Proporcional.

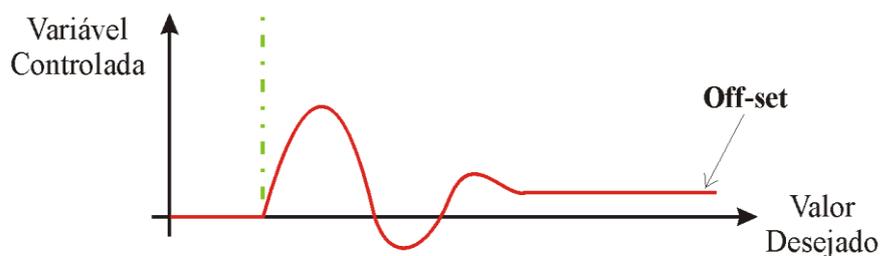


Embora a ação proporcional elimine as oscilações no processo do controle liga-desliga em malha fechada, não é possível eliminar o erro de *off-set* (erro de regime permanente), visto que após um distúrbio qualquer no processo persiste uma diferença entre o *setpoint* e o valor medido.

A principal vantagem deste controlador é a eliminação das oscilações provocadas pelo controle liga-desliga devido à correção proporcional ao desvio. Uma desvantagem é o aparecimento do erro de *off-set*, como pode ser visto na “Figura 4”, sempre que ocorrer variação de carga. Esta ação é especialmente útil quando grandes variações de carga no processo são improváveis e podem-se tolerar pequenos erros de *off-set*.

O controle proporcional responde imediatamente quando detecta um sinal de erro e daí inicia sua ação corretiva. É um dos tipos de controle mais fáceis de serem utilizados, pois requer somente o ajuste do ganho.

Figura 4 – Erro de *off-set*.



Organização

Promoção



4.2. Ação integral (I)

A ação integral atua no processo ao longo do tempo enquanto a diferença entre o valor desejado (*setpoint*) e o valor mensurado persistir. Diferentemente da ação proporcional que corrige os erros instantaneamente, o sinal de correção age de forma lenta até eliminar por completo o *off-set*. Quanto mais tempo o desvio perdurar, maior será a saída do controlador.

A ação integral não é, isoladamente, uma técnica de controle, pois não pode ser empregada estando separada de uma ação proporcional.

A ação integral tem como único objetivo eliminar o erro de *off-set* em regime permanente, e a adoção de um tempo integral excessivamente longo pode levar o processo à instabilidade. Por sua vez, a adoção de um tempo integral curto retarda em demasia a estabilização. Quanto maior o desvio, maior será velocidade de correção. No entanto, como também depende do tempo, a resposta é lenta e, por isso, desvios grandes em curtos espaços de tempo não são devidamente corrigidos. Dá-se, portanto a necessidade de associar esta ação a ação proporcional.

Abaixo segue a equação do controlador PI:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_p \cdot \frac{1}{T_i} \cdot \int e(t) dt + u_o \quad (2)$$

4.3. Ação Derivativa (D)

Uma das principais funções da ação derivativa é melhorar o desempenho do processo durante o regime transitório, isto é, sempre que ocorrerem oscilações no valor da variável controlada antes da estabilização. Essas oscilações podem aparecer durante a partida do processo e também por outro tipo de perturbação.

A ação derivativa é apropriada para processos que possuem grandes constantes de tempo, processos lentos. Porém, a ação derivativa é sensível ao ruído do sinal de medição, sensível às mudanças rápidas na entrada e no *setpoint*. Deve-se escolher o controlador com ação derivativa baseado na variação da variável do processo e não no erro. Além disso, a sintonia deste controlador é mais complicada.

Abaixo segue a equação do controlador PD:

$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_p \cdot T_D \cdot \frac{de}{dt} \cdot (t) + u_o \quad (3)$$

4.4. Controlador proporcional, integral e derivativa (PID)

As reuniões destas três ações de controle básicas constituem um dos controladores mais utilizados na indústria que é o controlador proporcional-integral-derivativo ou simplesmente Controlador PID. No que se refere à sintonia do controlador PID, vale destacar que a mesma consiste no ajuste dos ganhos (K_P , T_i , T_D) de forma ao atendimento a um conjunto de especificações exigidas para um determinado problema.

É a partir daí que se tem a necessidade de buscar técnicas de sintonia, segundo (GUIMARÃES, 2013), que promovam melhor resposta para o sistema diante da situação-problema, dentre os quais, conforme mencionado podem ir desde métodos tradicionais às técnicas pertencentes à Inteligência Computacional.

Organização



Promoção





$$u(t) = K_p \cdot e(t) + K_p \cdot \frac{1}{T_i} \cdot \int e(t) dt + K_p \cdot T_D \cdot \frac{de}{dt} \cdot (t) + u_o \quad (4)$$

5. O AMBIENTE DE PROGRAMAÇÃO

O LabVIEW® (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) é uma ferramenta de *software* da National Instruments, líder na indústria para o projeto de sistemas de teste, medida e controle. Usando o ambiente integrado do LabVIEW® para realizar a interface com sinais do mundo real, analisar os dados para informações importantes e compartilhar resultados.

A instrumentação virtual poder ser usada em diferentes tipos de aplicações, desde o projeto até a prototipagem e implementação. E seus principais campos de aplicação são a realização de medições e automação.

O LabVIEW® possui uma linguagem de programação gráfica – chamada de linguagem “G”. Ele utiliza programação baseada em fluxo de dados, onde o fluxo dos dados determina a execução.

Os programas criados por essa ferramenta são chamados de instrumentos virtuais ou, simplesmente de VI, e cada VI é composto por partes principais:

- Painel frontal – Onde o usuário interage com o VI;
- Diagrama de blocos – O código que controla o programa;
- Painel de conector e ícone – Define o modo de conectar o VI a outros VIs.

5.1. O Algoritmo

Os algoritmos utilizados no *software* LabVIEW®, para seguidor de parede nos dois controladores serão apresentados abaixo, conforme a “Figura 5” e “Figura 6”.

Figura 5 – Programa com o Controlador P.

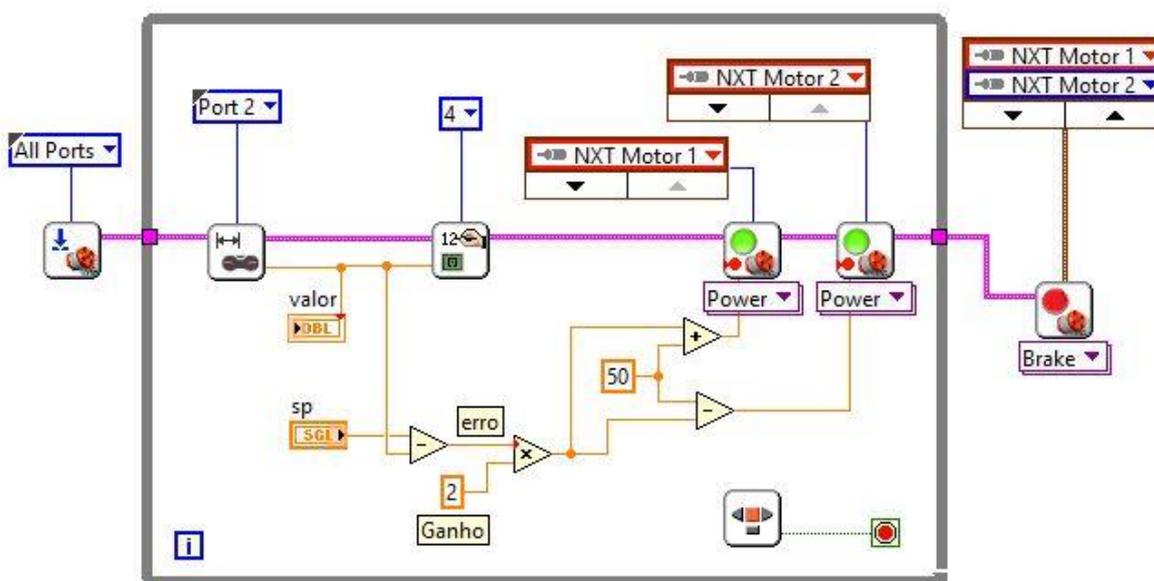
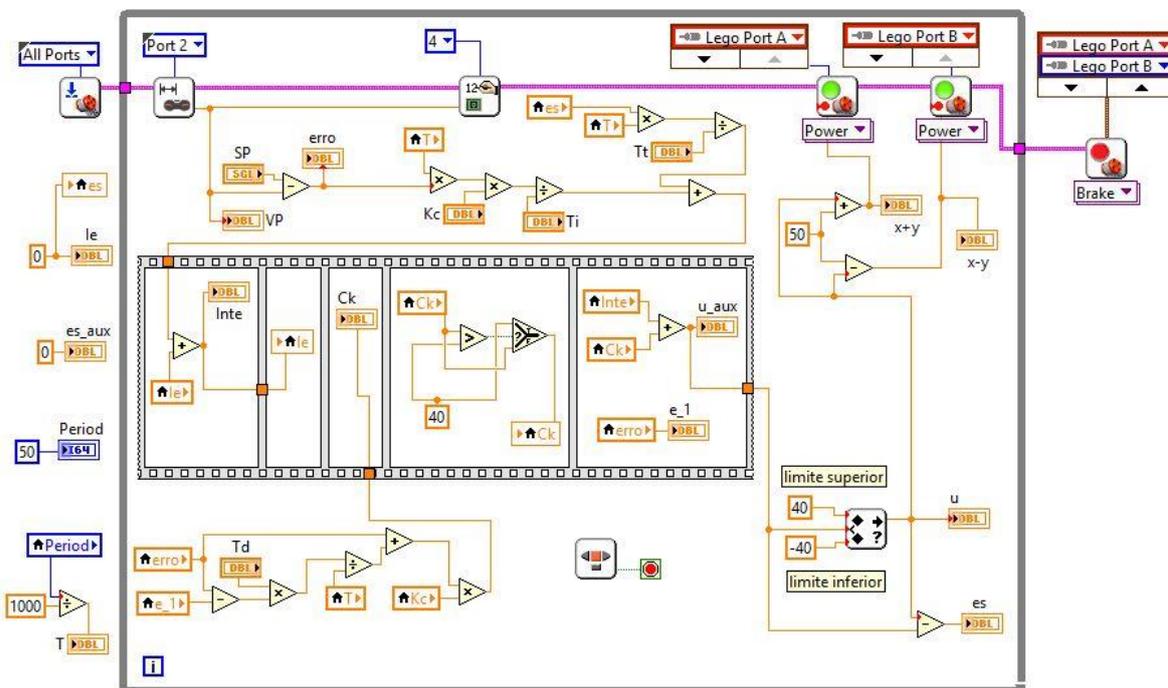




Figura 6 – Programa com o Controlador PID.



6. RESULTADOS

Aqui são apresentados os resultados dos testes realizados. Para melhor visualização dos testes, foi fixado um pincel no robô para fazer as marcações no chão. Após os testes realizados no controlador PID, para uma melhor sintonia a parte derivativa foi zerada, ficando apenas com o PI.

Figura 7 – Resultados práticos.



Organização

Promoção



7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os brinquedos inteligentes da Lego® se adaptam bem à geração atual, já que crescem em um ambiente altamente tecnológico e de acesso fácil aos meios digitais. Os robôs da LEGO são muito didáticos e funcionais no ensino tecnológico da robótica.

Nesse trabalho foi visto o uso da robótica como instrumento para apoiar a parte teórica e prática dos controladores. Uma disciplina de Controle desenvolvida junto com a parte prática, potencializa a construção de habilidades importantes e essenciais para os estudantes de Engenharia.

O objetivo do trabalho foi alcançado, uma vez que os resultados práticos foram bem satisfatórios. Também foi possível concluir que os 2 tipos de controladores foram bem satisfatórios. Da mesma forma, é fácil notar que o Controlador P já seria útil para essa aplicação do trabalho, visto que este teve uma boa estabilidade. Porém, dos resultados obtidos, o controlador PI foi o que mais se aproximou do *setpoint*, mesmo com um sobressinal. A resposta, para ambos os controladores, irá depender da sintonia aplicada ao controlador, onde no trabalho realizado usamos o método empírico (tentativa e erro).

Agradecimentos

Ao Instituto Federal do Espírito Santo – IFES Campus Serra, por toda a estrutura oferecida. A toda equipe do grupo de pesquisa GAIIn – Grupo de Automação Industrial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Åström, K. J., Hägglund, T. (2004) Revisiting the Ziegler-Nichols step response method for PID control. Journal of Process Control - Elsevier. Volume 14, Issue 6: 635-650.

Campos, Mario Cesar M Massa De. Controles Típicos de Equipamentos e Processos Industriais. 1. ed. Edgard Blucher, 2006. 396 p, il.

Campos, M. C. M. M., Teixeira, H. C. G. (2006) Controles típicos de equipamentos e processos industriais. 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher. 415p.

Guimarães, A. O. (2013) Algoritmo genético aplicado no controle de posição do rotor de um motor de corrente contínua com rejeição a distúrbios por ação feedforward. Tese (Mestrado em Sistemas de Comunicação e Automação) – Mossoró – RN, UFRN. 72p

LEGO. **New smarter, stronger LEGO MINDSTORMS EV3**. Disponível em: <<http://www.lego.com/en-us/aboutus/news-room/2013/january/new-smarter-stronger-lego-mindstorms-ev3>> Acesso em: 20 maio 2017.

LESKA, C. (2004) “Introducing Undergraduates to Programming using Robots in General Education Curriculum”. In: ITICSE ACM 1-58113-836-9/04/0006. Leeds, United Kingdom.

Organização



UDESC
UNIVERSIDADE
DO ESTADO DE
SANTA CATARINA



Promoção





MATAS, Alexandre Luiz. Sintonia de controladores PID com controle adaptativo por modelo de referencia (MRAC) aplicado a um motor de corrente contínua. Tese — Engenharia de São Carlos, 2012

Oliver, J.; Toledo, R.; Valdemarra, E. A learning approach based on robotics in computer science and computer engineering. In: Education Engineering (EDUCON), 2010 IEEE . [S.l.: s.n.], 2010. p. 1343–1347.

IMPLEMENTATION OF A P AND PID CONTROLLER APPLIED TO A WALL FOLLOWER USING A MOBILE ROBOT, USING THE LABVIEW SOFTWARE

Abstract: *In the area of Electrical Engineering and Control Engineering the controllers are widely used in the production processes, however, the engineering courses do not have the equipment necessary for practical realization. This work shows the implementation of a wall follower for a mobile robot using proportional Controller and proportional integral derivative controllers with the objective of stimulating students in the control study and its applications. For the application will be used a mobile robot built from the educational kit Lego®, Lego® Mindstorms® EV3, which is a common robot to be used in engineering education institutions. The programming environment used was LabVIEW, it has a programming language based on data flow, where data flow determines the execution of the algorithm.*

Key-words: *Mobile robotics, Lego® Mindstorms® EV3, Wall follower, Proportional controller, Proportional integral derivative controller.*

Organização



Promoção

